

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-134822

(43)Date of publication of application : 10.05.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/022

H01L 33/00

H01S 5/042

(21)Application number : 2000-324613

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 24.10.2000

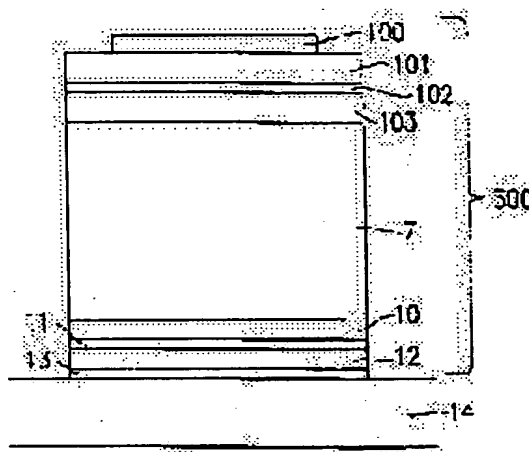
(72)Inventor : ONO TOMOTERU
ITO SHIGETOSHI

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(57)Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the materials and structures of an electrode, solder, heat sink or the like which allow the formation of an efficient and reliable device wherein a semiconductor light emitting element including a nitride semiconductor layer is mounted on a GaN substrate.

SOLUTION: On a face of the GaN substrate 7 opposite from one formed with nitride semiconductor laminates 101, 102, and 103, a first metal film 10 is formed of a material including Al as an electrode. For metallization, a second metal film 11 is deposited on the lower face of the metal film 10 as a barrier layer for preventing the deterioration in ohmic contact of the electrode due to the diffusion of Au, Ni, solder or the like, and on the lower face of the second metal film 11, a third metal film 12 formed of Au, Ni, or the like is evaporated. Using the solder 13 formed of In, Sb or the like, the structure is bonded to the heat sink 14 formed of Au or the like.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-134822

(P2002-134822A)

(43) 公開日 平成14年5月10日 (2002.5.10)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テームト (参考)
H 0 1 S 5/022		H 0 1 S 5/022	5 F 0 4 1
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	E 5 F 0 7 3
			C
H 0 1 S 5/042	6 1 0	H 0 1 S 5/042	6 1 0

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-324613(P2000-324613)

(22) 出願日 平成12年10月24日 (2000. 10. 24)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 大野 智輝

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 伊藤 茂裕

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100078282

弁理士 山本 秀策

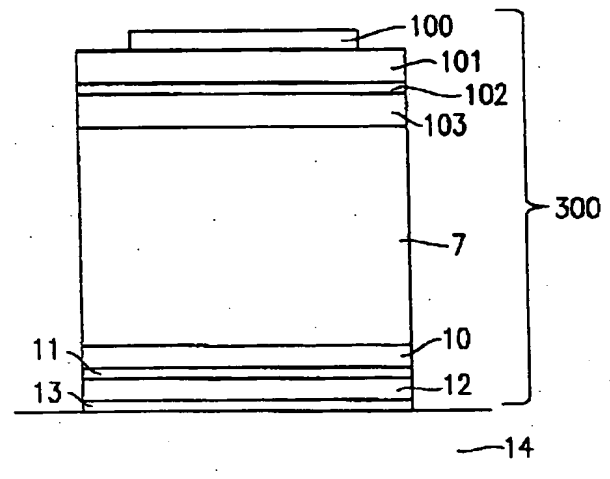
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 GaN基板上に窒化物系半導体層を設けた半導体発光素子をマウントし、高効率かつ信頼性の高い装置を形成することができる電極、ハンダ、ヒートシンク等の材質および構造を提供する。

【解決手段】 GaN基板7において窒化物系半導体の積層体101、102、103を設けた面とは反対側の面に、Alを含む材料からなり、電極として機能する第1の金属膜10を形成し、その下面にはAu、Niやハンダ等の拡散による電極のオーミック性悪化を防止するためのバリア層として第2の金属膜11を積層し、その下面にはAuやNi等からなる第3の金属膜12を蒸着することでメタライズ化する。そして、InやSb等からなるハンダ13を用いてAu等からなるヒートシンク14に接合する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 支持基体と、

該支持基体上に積載され、GaN基板上に窒化物系半導体の積層体を設けた半導体発光素子とを有する半導体発光装置であって、

該GaN基板における該積層体を設けた面とは反対側の面に、GaN基板とオーミック接合を取ることが可能な材料からなり、N型電極として機能する第1の金属膜と、

高融点金属からなり、バリア層として機能する第2の金属膜と、

ハンダと混合し易い材料からなる第3の金属膜とを備え、

該第3の金属膜と該支持基体との間にハンダを有する半導体発光装置。

【請求項 2】 前記第2の金属膜の厚みが8nm以上80nm以下である請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項 3】 支持基体と、

該支持基体上に積載され、GaN基板上に窒化物系半導体の積層体を設けた半導体発光素子とを有する半導体発光装置であって、

該GaN基板における該積層体を設けた面とは反対側の面に、GaN基板とオーミック接合を取ることが可能な材料からなり、N型電極として機能する第1の金属膜と、

高融点金属からなり、バリア層として機能する第2の金属膜とを備え、

該第2の金属膜と該支持基体との間にハンダと混合し易い第3の金属とハンダとの合金層を有し、

前記第2の金属膜の厚みが8nm以上80nm以下である請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 4】 前記第1の金属膜はAlを含み、前記第2の金属膜はMo、W、Cr、Ta、ZrおよびMnの少なくともいずれか1つを含み、

前記第3の金属膜または前記第3の金属はAuおよびNiの少なくともいずれか1つを含む請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 5】 前記GaN基板の結晶構造が六方晶であり、前記支持基体へのマウント面がc面にほぼ平行である請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 6】 前記ハンダはIn、Sn、Zn、Au、Pb、Ag、Cd、Bi、Ni、MnおよびCuの少なくともいずれか1つを含む請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 7】 前記支持基体がSiからなり、前記第3の金属膜または前記第3の金属はAu、NiおよびAlの少なくともいずれか1つを含む請求項1乃至請求項3または請求項5に記載の半導体発光装置。

【請求項 8】 前記支持基体がSiからなり、前記ハン

ダがIn、Sn、Zn、Au、Pb、Ag、Cd、Bi、Ni、Mn、Cu、SnCl₂およびZnCl₂の少なくともいずれか1つを含む請求項1乃至請求項3、請求項5または請求項7に記載の半導体発光装置。

【請求項 9】 前記支持基体がSiからなり、該支持基体の前記ハンダ側の面にPt、Al、Ti、Cr、Co、Ni、Pd、Hf、W、MoおよびTaの少なくともいずれか1つを含む金属膜が設けられている請求項1乃至請求項8のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 10】 前記支持基体がSiからなり、該支持基体の前記ハンダと接する部分に、Au、NiおよびAlの少なくともいずれか1つを含む金属膜が設けられている請求項1乃至請求項9のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 11】 前記Siからなる支持基体に一体的に受光素子が形成されている請求項9または請求項10に記載の半導体発光装置。

【請求項 12】 請求項1に記載の半導体発光装置を製造する方法であって、

GaN基板上に窒化物系半導体の積層体を設けたウェハを形成し、GaN基板における積層体を設けた面とは反対側の面に、第1の金属膜、第2の金属膜および第3の金属膜を形成する工程と、

該ウェハを半導体発光素子に分割する工程と、予めハンダを積層した支持基体と熱処理により接着するか、または該第3の金属膜上にハンダを積層して熱処理により支持基体と接着する工程とを含む半導体発光装置の製造方法。

【請求項 13】 請求項2に記載の半導体発光装置を製造する方法であって、

GaN基板上に窒化物系半導体の積層体を設けたウェハを形成し、GaN基板における積層体を設けた面とは反対側の面に、第1の金属膜、第2の金属膜および第3の金属膜を形成する工程と、

該ウェハを半導体発光素子に分割する工程と、予めハンダを積層した支持基体と熱処理により該第3の金属とハンダからなる合金層を形成して接着するか、または該第3の金属膜上にハンダを積層して熱処理により該第3の金属とハンダからなる合金層を形成して支持基体と接着する工程とを含む半導体発光装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、結晶構造が六方晶であるGaN基板上に窒化物系半導体からなる多層薄膜（素子構造）を形成した半導体レーザ装置や半導体発光ダイオード装置等の半導体発光装置およびその製造方法に関し、特に、N型電極側を接合面として支持基体に積載（マウント）した半導体発光装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、窒化物系半導体は青色発光素子の材料として注目されている。従来、この窒化物系半導体は、サファイア基板上に積層されており、現在では素子化されて実用に耐え得る性能が報告されるに至っている。

【0003】図11は、このような技術に関して特開平10-107384号公報に開示された半導体レーザ装置の構造を示す図である。この図11において、71は酸化物（サファイア）基板、72は基板表面上に形成された窒化物系半導体の多層薄膜72からなる半導体レーザ本体、73、74は半導体レーザ本体に電力を供給するための電極、75はヒートシンク（支持基体）、76は金属からなる導電性接着剤（ハンダ）であり、77は酸化物基板71の裏面表面に形成された金属膜である。この金属膜77としては、酸化物に対して密着性のよい金属として知られているTi、Cr、W、Ni、Zr、Mo、Al、V等が選択され、その膜厚は0.1 μ m～0.2 μ mである。この構造では、酸化物基板71の裏面表面に、酸化物に対する密着性の良好な金属膜77が形成されているので、半導体レーザチップとハンダが強く

固に接着され、半導体レーザチップから支持基体への熱伝導性がよくなる。

【0004】このような半導体レーザ装置は例えば以下のような工程により作製することができる。まず、サファイア等の酸化物基板71上（表面側）に窒化物系半導体からなる多層薄膜72を結晶成長法により形成し、さらにその上面に電極73、74等を形成したウェハを適宜制作する。次に、ウェハの裏面に上記金属膜77を蒸着法等により薄膜形成する。続いて、基板裏面の所定の位置にダイヤモンドポイントにより溝を入れ、この溝に従ってウェハを分割することにより個々のレーザチップを形成する（スクライビング法）。このとき、半導体レーザチップの共振器ミラー面も同時に形成することができる。その後、半導体レーザチップは、マウントに通常用いられているAu系ハンダ等のハンダにより、ヒートシンクもしくはサブマウントなどの支持基体上にダイボンドされ、半導体レーザ装置が完成する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術においては、以下に示すような問題が挙げられる。サファイア基板は、絶縁体であると共に積層された窒化物系半導体とへき開面が異なる特徴を持つため、良質な導波路端面（共振器ミラー面）の形成が難しい。また、基板表面上にP型電極およびN型電極を形成することにより素子化プロセスが複雑化し、それに伴うコストアップが生じる。さらに、活性層での電流密度低下による低効率化などの問題が存在している。

【0006】一方、最近では、積層する窒化物系半導体と同材質であるGaN結晶を基板に用いる研究がなされている。GaN基板を用いると、上記のような問題点は

解決されるがヒートシンクへのマウントに関する技術は確立していない。特に、N型電極を設けた面をヒートシンクに密着させるようにマウントすることにより、ヒートシンクを半導体レーザチップへの電流通路として兼ねるようにすることが期待されるが、本願発明者の検討によれば、N型電極とヒートシンクとの間に適切な構造を設けなければ、N型電極の特性が悪化してしまうことが分かった。

【0007】本発明は、このような従来技術の課題を解決するためになされたものであり、GaN基板上に窒化物系半導体を積層した半導体発光素子をマウントする際に、信頼性が高く、良好な特性を得ることができる半導体発光装置およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体発光装置は、支持基体と、該支持基体上に積載され、GaN基板上に窒化物系半導体の積層体を設けた半導体発光素子とを有する半導体発光装置であって、該GaN基板における該積層体を設けた面とは反対側の面に、GaN基板とオーミック接合を取ることが可能な材料からなり、N型電極として機能する第1の金属膜と、高融点金属からなり、バリア層として機能する第2の金属膜と、ハンダと混合し易い材料からなる第3の金属膜とを備え、該第3の金属膜と該支持基体との間にハンダを有しており、そのことにより上記目的が達成される。

【0009】前記第2の金属膜の厚みが8nm以上80nm以下であるのが好ましい。

【0010】本発明の半導体発光装置は、支持基体と、該支持基体上に積載され、GaN基板上に窒化物系半導体の積層体を設けた半導体発光素子とを有する半導体発光装置であって、該GaN基板における該積層体を設けた面とは反対側の面に、GaN基板とオーミック接合を取ることが可能な材料からなり、N型電極として機能する第1の金属膜と、高融点金属からなり、バリア層として機能する第2の金属膜とを備え、該第2の金属膜と該支持基体との間にハンダと混合し易い第3の金属とハンダとの合金層を有し、前記第2の金属膜の厚みが8nm以上80nm以下であり、そのことにより上記目的が達成される。

【0011】前記第1の金属膜はAlを含み、前記第2の金属膜はMo、W、Cr、Ta、ZrおよびMnの少なくともいずれか1つを含み、前記第3の金属膜または前記第3の金属はAuおよびNiの少なくともいずれか1つを含んでもよい。

【0012】前記GaN基板の結晶構造が六方晶であり、前記支持基体へのマウント面がc面にほぼ平行であってもよい。

【0013】前記ハンダはIn、Sn、Zn、Au、Pb、Ag、Cd、Bi、Ni、MnおよびCuの少なく

ともいづれか1つを含んでいてもよい。

【0014】前記支持基体がSiからなり、前記第3の金属膜または前記第3の金属はAu、NiおよびAlの少なくともいづれか1つを含んでいてもよい。

【0015】前記支持基体がSiからなり、前記ハンダがIn、Sn、Zn、Au、Pb、Ag、Cd、Bi、Ni、Mn、Cu、SnCl₂およびZnCl₂の少なくともいづれか1つを含んでいてもよい。

【0016】前記支持基体がSiからなり、該支持基体の前記ハンダ側の面にPt、Al、Ti、Cr、Co、Ni、Pd、Hf、W、MoおよびTaの少なくともいづれか1つを含む金属膜が設けられていてもよい。

【0017】前記支持基体がSiからなり、該支持基体の前記ハンダと接する部分に、Au、NiおよびAlの少なくともいづれか1つを含む金属膜が設けられていてもよい。

【0018】前記Siからなる支持基体に一体的に受光素子が形成されていてもよい。

【0019】本発明の半導体発光装置の製造方法は、請求項1に記載の本発明の半導体発光装置を製造する方法であって、Ga_{0.5}N_{0.5}基板上に窒化物系半導体の積層体を設けたウェハを形成し、Ga_{0.5}N_{0.5}基板における積層体を設けた面とは反対側の面に、第1の金属膜、第2の金属膜および第3の金属膜を形成する工程と、該ウェハを半導体発光素子に分割する工程と、予めハンダを積層した支持基体と熱処理により接着するか、または該第3の金属膜上にハンダを積層して熱処理により支持基体と接着する工程とを含み、そのことにより上記目的が達成される。

【0020】本発明の半導体発光装置の製造方法は、請求項2に記載の本発明の半導体発光装置を製造する方法であって、Ga_{0.5}N_{0.5}基板上に窒化物系半導体の積層体を設けたウェハを形成し、Ga_{0.5}N_{0.5}基板における積層体を設けた面とは反対側の面に、第1の金属膜、第2の金属膜および第3の金属膜を形成する工程と、該ウェハを半導体発光素子に分割する工程と、予めハンダを積層した支持基体と熱処理により該第3の金属とハンダからなる合金層を形成して接着するか、または該第3の金属膜上にハンダを積層して熱処理により該第3の金属とハンダからなる合金層を形成して支持基体と接着する工程とを含み、そのことにより上記目的が達成される。

【0021】以下、本発明の作用について説明する。

【0022】本発明にあつては、Ga_{0.5}N_{0.5}基板において積層体を設けた面とは反対側の面（裏面）に、Ga_{0.5}N_{0.5}基板とオーミック接合を取ることが可能なHf/Al等の材料からなり、N型電極として機能する第1の金属膜と、Mo等の高融点金属からなり、バリア層として機能する第2の金属膜と、ハンダと混合し易く、柔らかいAu等の材料からなる第3の金属膜とを積層し、その上にIn等の材料からなるハンダを積層している。

【0023】この構造は、Ga_{0.5}N_{0.5}基板上に第1の金属膜、第2の金属膜および第3の金属膜を形成し、予めハンダを積層した支持基体と熱処理を行うことにより、第3の金属膜側とハンダ側とを接着して得られる。但し、エージング中は各金属の拡散により層の順番はこの限りでなく、また、合金層も形成されている。さらに、第3の金属膜を薄く形成した場合には、第2の金属膜の上に、ハンダと混合し易いAu等の材料からなる金属（第3の金属膜）とIn等の材料からなるハンダとの合金層が形成される。

【0024】本発明において、第2の金属膜を形成する理由は以下の通りである。Ga_{0.5}N_{0.5}基板とのオーミック接合はHf/Al等のAlを含む材料からなる第1の金属膜により得られているが、この層に第3の金属膜からのAuやハンダからのInなどの原子が混入して合金化すると、オーミック性の悪化が観測された。

【0025】そこで、適当な厚みのMo層等を第2の金属膜として、Hf/Al層等のAlを含む第1の金属膜とAu層等の第3の金属膜（もしくは第3の金属とハンダとの合金層）の間に設けると、Moは高融点材質であるために拡散しにくく、AuやInなどがHf/Alと合金を形成するのを防止することができる。ハンダ等の拡散を防止するためには、第2の金属膜の厚みが5nm程度であれば、バリア層としては充分機能する。しかし、第1の金属膜がAlを含み、第3の金属膜がAuを含む場合には、AlとAuの反応性が高いために8nm以上の厚みが無いと、電極の剥がれが多発する。好ましくは第2の金属膜の厚みが15nm以上である。

【0026】Ga_{0.5}N_{0.5}は結晶構造が六方晶で、そのc面に平行な面をマウント面に用いており、この面の線膨張係数に対してAlやAuは高い線膨張係数を持つ。また、Cu等からなる支持基体も高い線膨張係数を持つため、長時間の連続駆動を行った場合に素子にかかる歪みの影響によって素子劣化が激しくなる。これは、結晶内の欠陥等が増殖されて発光効率等が悪化するためと考えられる。さらに、第2の金属膜が厚いと、アニール等の熱処理や長時間の連続駆動で第1の金属膜と第2の金属膜、第2の金属膜と第3の金属膜のなじみが悪くなり、電極の剥がれや電気的特性等の問題が生じる。

【0027】そこで、適当な厚みのMo層等を第2の金属膜として、Hf/Al層等のAlを含む第1の金属膜とAu層等の第3の金属膜（もしくは第3の金属とハンダとの合金層）の間に設けると、Mo等の線膨張係数がGa_{0.5}N_{0.5}と比較的近い第2の金属膜は、支持基体と窒化物系化合物半導体層との間の歪みを低減し、素子寿命を延ばすことができる。

【0028】このような第2の金属膜の材料としては、線膨張係数がGa_{0.5}N_{0.5}基板とほぼ等しいことが望ましく、例えばMo、W、Cr、Ta、ZrおよびMnの少なくともいづれか1つを含むものを用いることができ

る。また、第2の金属膜の厚みは、8 nm以上80 nm以下であるのが望ましく、さらに望ましくは8 nm以上50 nm以下である。

【0029】本発明において、第3の金属膜を設ける理由は以下の通りである。Ga NはGa A s等に比べて大きな弾性定数を持つため、例えばエージング等により熱膨張等の応力が加わったときに、クラック等が生じやすい。また、結晶構造が立方晶であるGa A sなどに対して、Ga Nの結晶構造は六方晶であるので、ウェハを長方形に分割するためには劈界面でない面で分割する必要があり、その際に結晶に斜めにクラックが入りやすい。

【0030】そこで、基板の裏面にAu等の柔らかい金属を密着性よく付着させることにより、このようなクラックが入るのを防止することができ、クラックが生じた場合にも、そこを起点にして金属膜が剥がれるはがれることを防ぐ効果が得られる。このような材料としては、例えば支持基体がヒートシンク等の場合には、AuおよびNiの少なくともいずれか1つを含むものを用いることができる。また、支持基体がSi基板である場合には、Au、NiおよびAlの少なくともいずれか1つを含むものを用いることができる。

【0031】なお、本明細書において、ハンダとは、電子デバイスの接合に用いられる溶融温度450℃以下の金属を表している。このような材料としては、例えば支持基体がヒートシンク等の場合には、In、Sn、Zn、Au、Pb、Ag、Cd、Bi、Ni、MnおよびCuの少なくともいずれか1つを含むものを用いることができる。また、支持基体がSi基板である場合には、In、Sn、Zn、Au、Pb、Ag、Cd、Bi、Ni、Mn、Cu、SnCl₂およびZnCl₂の少なくともいずれか1つを含むものを用いることができる。

【0032】さらに、本明細書において、支持基体であるヒートシンクにはステムも含むものとし、支持基体としてヒートシンクの変わりにSi基板を用いてもよい。この場合には、受光素子等のデバイスを形成することもできる。支持基体としてSi基板を用いた場合には、後述する実施の形態5に示すように、Si基板のハンダ側の面に、Si基板と密着性が高く、オーミック接合が取れる材料としてPt、Al、Ti、Cr、Co、Ni、Pd、W、Mo、TaおよびHfの少なくともいずれか1つを含む金属膜を設けるのが好ましい。また、Si基板と上記金属膜との間に、PtSi等の金属珪化物が設けられていてもよい。さらに、その上にMo、Cr、W、Ti、Ta、PtおよびPdの少なくともいずれか1つを含む金属膜を設けることにより、バリア層として機能させることができる。さらに、支持基体のハンダと接する部分に、Au、NiおよびAlの少なくともいずれか1つを含む金属膜を設けることにより、Si基板と半導体発光素子との強固な接合を取ることができる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0034】（実施の形態1）図1は、本実施の形態1における半導体レーザ装置の模式図であり、図2に示すGa N基板および窒化物系半導体の積層体にN型電極（第1の金属膜）を形成し、ヒートシンク（ステムなど）にマウントした状態を表している。

【0035】半導体レーザチップ300は、Ga N基板7の裏面に、第1の金属膜10、第2の金属膜（拡散防止バリア層）11、第3の金属膜12、ハンダ13が積層され、ヒートシンク14にマウントされている。

【0036】図2は、本実施の形態1の半導体レーザを端面から見た模式図であり、N型電極を設置して半導体レーザチップ化する前の状態を表している。なお、この図2では、図1に示した半導体レーザチップ300の一部（半導体レーザ構造部分）を拡大して示している。

【0037】この図において、7はGa N基板であり、その上に窒化物系半導体の積層体101、102、103が形成されている。また、窒化物系半導体の積層体101の表面にはP型電極100が設けられている。窒化物系半導体の積層体101、102、103は、Ga N基板7側から、n-InAlGa Nクラッド層6、n-InAlGa Nガイド層5、InAlGa N多重量子井戸活性層102、p-InAlGa Nバリア層4、p-InAlGa Nガイド層3、p-InAlGa Nクラッド層2、p-InAlGa Nコンタクト層1がこの順に積層されている。

【0038】以下に、図1および図2を参照しながら本実施の形態1における半導体レーザ装置の製造方法について説明する。

【0039】まず、半導体素子の製造に用いられるプロセスを適宜使用して、Ga N基板7上に図2に示した個々の半導体レーザ構造を多数形成した半導体レーザウェハを得た。このようなウェハを得る工程は周知技術であるため、詳細の記載は省略する。本実施の形態において、Ga N基板の厚みは350 μmであり、窒化物系半導体の積層体の全厚みは10 μmとした。

【0040】次に、Ga N基板の裏面側から研磨もしくはエッチングにより基板の一部を除去し、ウェハの厚みを100 μm～200 μm程度までに薄く調整する。これは、後の工程でウェハを分割して個々の半導体レーザチップにするのを容易にするための工程である。特に、レーザ端面ミラーも分割時に形成する場合には、ウェハの厚みを80 μm～50 μm程度に薄く調整することが望ましい。本実施の形態においては、研削機及び研磨機を用いてウェハの厚みを100 μmに調整した。但し、研磨機のみを用いてもよい。このようにして得られるウェハの裏面は研磨機により磨かれているために平らであり、六方晶であるGa Nのc面にほぼ平行

な面である。

【0041】次に、Ga_{0.4}N基板の裏面側に、第1の金属膜10、第2の金属膜11、第3の金属膜12をこの順に形成する。ここで、N型電極である第1の金属膜10は、Ga_{0.4}N基板7とオーミック接合を取る必要がある。また、第3の金属膜12は、半導体レーザチップに分割する際にクラックが生じるのを防ぐために柔らかく、かつ、半導体レーザチップをヒートシンクにマウントする際にハンダと混合しやすい金属を選定する必要がある。さらに、第2の金属膜11は、第3の金属膜12を構成する金属およびハンダが拡散してN型電極の特性を劣化させるのを防止するため、高融点金属を選定する必要がある。本実施の形態1においては、第1の金属膜10としてHf/A1層を100nm積層し、第2の金属膜11としては膜厚30nmのMo層を積層し、第3の金属膜12としては膜厚300nmのAu層を積層した。このような薄い金属膜を膜厚の制御性よく形成するためには、真空蒸着法が適しており、本実施の形態1においてもこの手法を用いた。但し、イオンプレーティング法やスパッタ法等の他の手法を用いても良いことは言うまでもない。さらに、N型電極特性向上のため、第3の金属膜12の形成後、500℃でアニールを行った。このアニールは、第1の金属膜(N型電極)10の形成後、または第2の金属膜11の形成後に行っても問題はない。

【0042】その後、チップ分割工程により、ウェハを個々の半導体レーザチップに分割した。分割方向は、劈界面とほぼ垂直にしている。まず、裏面からダイヤモンドポイントでスクライブラインを入れ、ウェハに適宜力を加えることにより、スクライブラインに沿ってウェハを分割した。このスクライブラインは表面から入れてもよい。他の手法としては、ワイヤソーもしくは薄板ブレードを用いて傷入れもしくは切断を行うダイシング法、エキシマレーザ等のレーザ光の照射加熱とその後の急冷により照射部にクラックを生じさせ、これをスクライブラインとするレーザスクライビング法、高エネルギー密度のレーザ光を照射し、この部分を蒸発させて溝入れ加工を行うレーザアブレーション法等を用いても同様にチップ分割を行うことが可能であった。これにより、図2に示したようなレーザ構造が得られた。

【0043】次に、ダイボンディング法により、半導体レーザチップをヒートシンク上にマウントした。この工程は、以下のように行った。まず、図1に示すように、ヒートシンク14にハンダ13を塗布した。本実施の形態1において、ヒートシンク14としてはCuもしくはFeを主体とする金属からなり、その表面にNi/Au膜を順にメッキ形成したものをを用いた。ハンダ13にはInを用い、その塗布後の厚みは1μm~20μm程度とした。ハンダ13はこのように予め塗布により膜状に形成しておいても良く、他の成膜方法である蒸着法、スパッタ法、印刷法、メッキ法等を用いて成膜してもよ

い。但し、InもしくはSnを主体とするハンダの場合のように、室温においてハンダが特に柔らかい場合には、生産性の極めて高い塗布法を用いることが好ましい。次に、ヒートシンク14を190℃程度のハンダの融点よりも若干高い温度にまで加熱し、ハンダが溶けたところで上述のようにして得られたレーザチップをN型電極側を下にして積載し、適宜力を加えながら1分間程度保持し、第3の金属膜12とハンダ13とをよくなじませた。その後、ヒートシンク14を冷却してハンダ13が固まったところで本工程を終了した。このように、第3の金属膜、ハンダおよびヒートシンクを密着させて過熱すると、ハンダが第3の金属膜およびヒートシンクに拡散し、合金化することによって強固に接着される。ここで、第3の金属膜が厚い場合には、ハンダの拡散されない領域が第3の金属膜として残り、第3の金属膜(ハンダが拡散されない領域)と、第3の金属とハンダとの合金層(図1ではハンダ13として示している)が形成される。また、第3の金属膜が薄い場合にはハンダが全て拡散して、後述する実施の形態2に示すように第3の金属とハンダとの合金層22のみが形成される。なお、本実施の形態において、第3の金属膜の厚みは、接着後の第3の金属の残存層厚としている。

【0044】なお、ここでは、本工程前にヒートシンク14にハンダ13を塗布したが、逆に、半導体レーザチップ側にハンダ13を塗布したり、成膜してもよい。このようにして図1に示した本実施の形態1の半導体レーザ装置が得られた。

【0045】以上の工程によりヒートシンクにマウントされた半導体レーザチップの特性について、評価を行った。本発明は、寿命特性の優れた半導体レーザ装置を得るためのものであり、そのためには、N型電極特性を悪化させず、強固で熱抵抗に優れたものにしなければならない。本実施の形態1の半導体レーザ装置について調べた結果、良好な特性が得られた。その際に、比較のために、条件を変えて以下のような実験を行った。

【0046】まず、第2の金属膜であるバリア層の効果を調べるため、バリア層厚xを変えたときの高温(60℃)における寿命特性(図3)および室温(20℃)における発振閾値特性(図4)を測定した。実験条件は、室温(20℃)において、それぞれの膜厚に対して5.6φのステムにマウントした素子50個の平均データを集計した。また、バリア層以外の金属膜の条件は前述の値で固定した。

【0047】発振閾値は、室温(20℃)で自動測定器に直流電流を流して電流対光出力特性を測定し、その結果から求めた。また、寿命特性は、エージング装置を用いて、雰囲気温度を一定(60℃)にした槽内において光出力一定(5mW)になる条件で発振させ、初期劣化(急激な劣化)後の安定状態での寿命を観測した。

【0048】この測定の結果、図3および図4に示すよ

うに、バリア層厚が諸特性に影響を及ぼしており、バリア層厚8nm~80nmの範囲ではほぼ良好な結果が得られている。

【0049】バリア層を取り除くと室温連続発振しなくなった。N型電極の特性を調べたところ、オーミック接合が得られなかった。これはHf/Al層（第1の金属膜10）にAu（第3の金属膜12）およびIn（ハンダ13）が侵入し、Ga₂N、Al、Au、Inの存在下で、これらの全てまたは数種を含む合金がGa₂N基板7の表面上に形成されたためと考えられる。また、Al、Auの接合も弱く、電極不良も多発した。

【0050】バリア層を薄くすると（<8nm）、寿命が短くなっている。このように厚みが薄いMo層（第2の金属膜11）では、AuやInの拡散を防止するに十分といえず、エージング中にHf/Al層にAuおよびInがMo層を通過して侵入し、Ga₂N、Al、Au、Inの存在下で、これらの全てまたは数種を含む合金がGa₂N基板7の表面上に形成されたため、電極特性が悪化したと考えられる。また、金属膜のはがれも増加した。これは、Mo層を通過したAuとAlの反応によりAu層からの剥がれが生じたり、このAu層の剥がれによってGa₂N基板にクラックが入りやすく、そこを起点とした金属膜の剥がれなどが生じるからである。

【0051】適切な厚みのバリア層を設けると、超時間の連続駆動において、素子劣化が少なくなることが分かった。Ga₂Nは六方晶で、そのc面に平行な面をマウント面に用いており、この面の線膨張係数に対してAlやAuは高い線膨張係数を持つ。また、Cu等からなる支持基体も高い線膨張係数を持つため、長時間の連続駆動を行った場合に素子にかかる歪みの影響によって素子劣化が激しくなる。これは、結晶内の欠陥等が増殖されて発光効率等が悪化するためと考えられる。

【0052】そこで、適当な厚みのMo層等をバリア層（第2の金属膜）として設けると、Mo等の線膨張係数がGa₂Nと比較的近い第2の金属膜は、支持基体と窒化物系化合物半導体層との間の歪みを低減し、素子寿命を延ばすことができる。

【0053】しかし、バリア層を厚くすると（>80nm）、寿命が短くなり、発振閾値も高くなっている。これは、第2の金属膜が厚いと、アニール等の熱処理や長時間の連続駆動で第1の金属膜と第2の金属膜、第2の金属膜と第3の金属膜のなじみが悪くなるためと考えられる。

【0054】上記の結果、Ga₂N基板を用いた半導体レーザーチップにおいて、N型電極側をマウント面としてヒートシンクにマウントする場合には、Ga₂N基板裏面の金属膜として、適当な膜厚の拡散防止用バリア層（第2の金属膜）が必要であり、その膜厚は8nm~80nm程度が良いことが分かった。また、バリア層の金属材料を検討したところ、高融点金属で、Ga₂N基板のc面に

平行な方向の線膨張係数と、線膨張係数がほぼ近い金属であるCr、W、ZrやTaも同様の効果を示し、第2の金属膜材質はMo、Cr、W、ZrやTaの単体またはこれらのうち、少なくともいずれか1つを含む混合物であれば良いことが分かった。なお、比較的高融点なPtでは、高発振閾値化および短寿命化し、また、金属膜の剥がれによる不良も多発してしまった。これは、Ptのガス吸着しやすい性質のためにAl層との密着が悪く、電極特性が悪化すること、およびPtの線膨張率がMo、Cr、W、ZrやTaに比べて大きいことにより、金属膜とGa₂N基板との密着性が悪化すること等が原因と考えられる。

【0055】次に、第3の金属膜であるAu層の膜厚を変えたときの変化について、以下のようにして調べた。

【0056】まず、第3の金属膜としてAuを用いて膜厚は5nmに設定し、その他は本実施の形態1と同様の方法で半導体レーザー装置を制作した。その結果、マウント不良が多発した。剥がれた半導体レーザーチップのN型電極側表面を観察したところ、Mo表面にAuがほとんど残っておらず、第3の金属膜であるAuはハンダInとほとんど反応してしまい、第2の金属膜との接合が弱くなってしまったことが分かった。

【0057】次に、第3の金属膜としてAuを用いて膜厚を50μmに設定し、その他は本実施の形態1と同様の方法で半導体レーザー装置を制作した。その結果、レーザーチップ分割の工程で裏面からダイヤモンドポイントでスクライブラインを入れる際に、Auの剥がれや垂れ等を誘発し、不良チップが多発した。

【0058】以上の結果から、第3の金属膜は膜厚50nm~10μm程度のAuを用いるのが好ましいことが分かった。但し、材質はAu単体に限らず、NiやAuを含む合金ならばよく、例えばAuNiやAuPtなどを使用可能であることが分かった。

【0059】第1の金属膜に関しては、Ga₂N基板と密着性がよく、オーミック接合可能な材質であれば良いことが分かっている。主にAlを含む層からなり、Ti、Zr、Hfの中から選ばれた材質を含むものであればよい。また、電極の厚みは10nm~1μm程度であればよいことが分かった。

【0060】次に、ハンダの材質に関して検討を行った。ハンダに要求されるのは、半導体レーザー装置の熱抵抗を低く押さえるため、第3の金属膜およびヒートシンクと密着性が高い材質を選択することである。第3の金属膜およびヒートシンク（その表面）とも、Auを主成分とする金属のため、Auとの密着性の高いハンダを用いればよく、本実施の形態1で用いたInの他に、Sn、Zn、Au、Pb、Ag、Cd、Bi、Ni、Mn等が良好な結果を示した。また、上記ハンダを主成分として含む合金であってもよい。

【0061】（実施の形態2）図5は、本実施の形態2

における半導体レーザ装置の模式図であり、図6に示すGa_{0.4}N_{0.6}基板および窒化物系半導体の積層体に第1の金属膜(N型電極)を形成し、ヒートシンク(ステムなど)にマウントした状態を表している。

【0062】半導体レーザチップ303は、Ga_{0.4}N_{0.6}基板7の裏面に、ヒートシンク(ステムなど)にマウントした状態を表している。Ga_{0.4}N_{0.6}基板7の裏面には、第1の金属膜20、第2の金属膜(拡散防止バリア層)21、第3の金属とハンダとの合金層22が積層され、ヒートシンク23にマウントされている。

【0063】図6は、本実施の形態2の半導体レーザを端面から見た模式図であり、N型電極を設置して半導体レーザチップ化する前の状態を表している。なお、この図6では、図5に示した半導体レーザチップ303の一部(半導体レーザ構造部分)を拡大して示している。

【0064】この図において、7はGa_{0.4}N_{0.6}基板であり、その上に窒化物系半導体の積層体201、202、203が形成されている。また、窒化物系半導体の積層体201の表面にはP型電極200が設けられている。窒化物系半導体の積層体201、202、203は、Ga_{0.4}N_{0.6}基板7側から、n-InAlGa_{0.4}Nクラッド層209、n-InAlGa_{0.4}Nガイド層208、InGa_{0.4}NAsP多重量子井戸活性層202、p-InAlGa_{0.4}Nバリア層207、p-InAlGa_{0.4}Nガイド層206、p-InAlGa_{0.4}Nクラッド層205、p-InAlGa_{0.4}Nコンタクト層204がこの順に積層されている。

【0065】以下に、図5および図6を参照しながら本実施の形態2における半導体レーザ装置の製造方法について説明する。

【0066】主な製造方法は、実施の形態1と同様である。まず、半導体素子の製造に用いられるプロセスを適宜使用して、実施の形態1に記載したような方法で窒化物系半導体の積層体201、202、203を形成し、100μm程度に研磨したGa_{0.4}N_{0.6}基板7の裏面に、実施の形態1に記載したような方法で金属膜を積層する。

【0067】次に、Ga_{0.4}N_{0.6}基板の裏面側に、第1の金属膜20、第2の金属膜21、第3の金属膜をこの順に形成する。ここで、N型電極である第1の金属膜20は、Ga_{0.4}N_{0.6}基板7とオーミック接合を取る必要がある。また、第3の金属膜は、半導体レーザチップをヒートシンクにマウントする際にハンダと混合しやすい金属を選定する必要がある。さらに、第2の金属膜21は、第3の金属をおよびハンダが拡散してN型電極の特性を劣化させるのを防止するため、高融点の金属を選定する必要がある。本実施の形態2においては、第1の金属膜20としてTi/Al層を100nmを積層し、第2の金属膜21としては膜厚30nmのW層を積層し、第3の金属膜としては膜厚200nmのAu層を積層した。さらに、N型電極特性向上のため、第3の金属膜の形成後、500℃でアニールを行った。このアニールは、第1の

金属膜(N型電極)20の形成後、または第2の金属膜21の形成後に行っても問題はない。

【0068】その後、実施の形態1に記載したような方法でウェハを半導体レーザチップに分割した後、ダイボンディング法により、半導体レーザチップをヒートシンク上にマウントした。この工程は、以下のように行った。まず、第3の金属膜上にハンダを塗布した。本実施の形態において、ハンダにはAuSnを用い、その塗布後の厚みは1μm~20μm程度とした。ハンダはこのように予め塗布により膜状に形成しておいてもよく、他の成膜方法である蒸着法、スパッタ法、印刷法、メッキ法等を用いて成膜してもよい。但し、InまたはSnを主体とするハンダの場合のように、室温においてハンダが特に柔らかい場合には、生産性の極めて高い塗布法を用いることが好ましい。次に、ヒートシンク23を190℃程度のハンダの融点よりも若干高い温度にまで加熱し、ハンダが溶けたところで上述のようにして得られたレーザチップをN型電極側を下にして積載し、適宜力を加えながら1分間程度保持し、第3の金属膜とハンダとをよくなじませた。その後、ヒートシンク23を冷却してハンダが固まったところで本工程を終了した。なお、ここでは本工程前に半導体レーザチップ側にハンダを塗布したが、逆にヒートシンク側にハンダを塗布したり、成膜してもよい。

【0069】本工程によって第3の金属膜とハンダは充分になじみ、第3の金属膜とハンダとの合金層22が形成され、図5に示した本実施の形態2の半導体レーザ装置が得られた。

【0070】以上の工程によりマウントされた半導体レーザチップの特性について、実施の形態1と同様に評価を行ったところ、第2の金属膜であるW層の膜厚が8nm~80nmのときに寿命および閾値特性共に良好な値を示した。

【0071】上記の結果、Ga_{0.4}N_{0.6}基板を用いた半導体レーザチップにおいて、N型電極側をマウント面としてヒートシンクにマウントする場合には、Ga_{0.4}N_{0.6}基板裏面の金属膜として、適当な膜厚の拡散防止用バリア層(第2の金属膜)が必要であり、その膜厚は8nm~80μm程度が良いことが分かった。また、バリア層の金属材料を検討したところ、高融点金属であるCr、Mo、ZrやTaも同様の効果を示し、第2の金属膜材質はMo、Cr、W、ZrやTaの単体またはこれらのうち、少なくともいずれか1つを含む混合物であれば良いことが分かった。なお、比較的高融点なPtでは、高発振閾値化および短寿命化し、また、金属膜の剥がれによる不良も多発してしまった。これは、Ptのガス吸着しやすい性質のためにAl層との密着が悪く、電極特性が悪化すること、およびPtの線熱膨張率がMo、Cr、W、ZrやTaに比べて大きいことにより、金属膜とGa_{0.4}N_{0.6}基板との密着性が悪化すること等が原因と考えられる。

【0072】次に、第3の金属膜であるAu層の膜厚を変えたときの変化について、調べたところ、50nm～10μm程度のAuを用いるのが好ましいことが分かった。但し、材質はAu単体に限らず、NiやAuを含む合金ならばよく、例えばAuNiやAuPtなどを使用可能であることが分かった。

【0073】第1の金属膜に関しては、GaN基板と密着性がよく、オーミック接合可能な材質であれば良いことが分かっている。主にAlを含む層からなり、Ti、Zr、Hfの中から選ばれた材質を含むものであればよい。また、電極の厚みは10nm～1μm程度であればよいことが分かった。

【0074】次に、ハンダの材質に関して検討を行った。ハンダに要求されるのは、半導体レーザ装置の熱抵抗を低く押さえるため、第3の金属膜およびヒートシンクと密着性が高い材質を選択することである。第3の金属膜およびヒートシンク（その表面）とも、Auを主成分とする金属のため、Auとの密着性の高いハンダを用いればよく、本実施の形態2で用いたAuSnの他に、Zn、Pb、Ag、Cd、Bi、Ni、Mn、In、Sn、Au等が良好な結果を示した。また、上記ハンダを主成分として含む合金であってもよい。

【0075】（実施の形態3）図7は、本実施の形態3における半導体レーザ装置の模式図である。本実施の形態3は、実施の形態1および実施の形態2における第1の金属膜および第2の金属膜の形状を変更したものである。

【0076】図7に示すように、GaN基板7の裏面に第1の金属膜30が設けられ、さらに、この第1の金属膜30の下面に第2の金属膜31が積層されている。第1の金属膜30は幅50μmのストライプ状であり、膜厚は100nmである。同様に、第2の金属膜31も幅50μmのストライプ状であり、膜厚は30nmである。第3の金属膜32はAuを含む金属からなり、膜厚は1μmである。その上にハンダ33（実施の形態1と同様に第3の金属膜とハンダの合金層が形成されている）が形成され、半導体レーザチップ301がヒートシンク14にマウントされている。または、実施の形態2のように、第3の金属膜とハンダの合金層を形成してもよい。

【0077】この半導体レーザ装置の特性について実験を行った結果、電気抵抗および熱抵抗とも、ほぼ実施の形態1と同様の値を示した。また、本実施の形態3を用いると、端面形成およびチップ分割が容易になり、歩留まりが向上した。これは、スクライブラインを入れる際に、その箇所に積層されている金属膜が薄いためと考えられる。

【0078】なお、本実施の形態3の構造では、Al層（第1の金属膜）とAu層（第3の金属膜）が一部で接触しており、GaN基板の表面上でGaN、Al、A

u、Inなどの合金が形成され、電極特性の悪化等が生じる恐れがあった。しかし、幅50μmの電極に対してそのような部分は電極の左右とも0.2μm以下程度であり、全く問題は生じなかった。

【0079】第1の金属膜および第2の金属膜のストライプ位置がレーザ導波路に対して上方にあるものとレーザ導波路の上方からずれているものを作製し、その他は実施の形態3と同様の方法で制作したところ、著しい変化は見られなかった。これは、N型電極から供給される電子はGaN基板内で拡散されるため、レーザストライプからずれていても、電流注入に問題が生じないためと考えられる。

【0080】さらに、第3の金属膜の膜厚を200nmに設定し、その他は実施の形態3と同様の方法で作製したところ、第3の金属の表面における平坦性が悪く、マウント不良が多発し、また、熱抵抗の高い半導体レーザチップが見られた。以上の結果から、第3の金属膜の膜厚は、少なくとも第1の金属膜と第2の金属膜の膜厚との和よりも厚くする必要があることが分かる。

【0081】上記の結果、本実施の形態3において、第1の金属膜および第2の金属膜は、特に形状を問わず、それぞれの膜厚は実施の形態1に準じていれば良いことが分かった。また、第3の金属膜の膜厚は、第1の金属膜と第2の金属膜の膜厚との和よりも厚い他は、実施の形態1に準じていれば良いことが分かった。

【0082】（実施の形態4）図8は、本実施の形態4における半導体レーザ装置の模式図である。本実施の形態4は、実施の形態1および実施の形態2における第1の金属膜の形状を変更したものである。

【0083】図8に示すように、GaN基板7の裏面に第1の金属膜40が設けられ、さらに、この第1の金属膜40の下面に第2の金属膜41が積層されている。第1の金属膜40は幅50μmのストライプ状であり、膜厚は100nmである。第2の金属膜41の膜厚は150nmである。第3の金属膜42はAuを含む金属からなり、膜厚は1μmである。その上にハンダ43（実施の形態1と同様に第3の金属とハンダの合金層が形成されている）が形成され、半導体レーザチップ302がヒートシンク14にマウントされている。または、実施の形態2のように、第3の金属とハンダの合金層を形成してもよい。

【0084】この半導体レーザ装置の特性について実験を行った結果、電気抵抗および熱抵抗とも、ほぼ実施の形態1と同様の値を示した。また、実施の形態3と同様に、端面形成およびチップ分割が容易になり、歩留まりが向上した。

【0085】第1の金属膜および第2の金属膜のストライプ位置がレーザ導波路に対して上方にあるものとレーザ導波路の上方からずれているものを作製し、その他は実施の形態3と同様の方法で制作したところ、著しい

変化は見られなかった。

【0086】さらに、第2の金属膜の膜厚を10nmに設定し、その他は実施の形態4と同様な方法で作製したところ、電気抵抗の悪化が観測された。これは、第1の金属膜の角の部分で第2の金属膜の膜厚が薄くなり、Auが拡散したためと考えられる。以上の結果から、第2の金属膜の膜厚は、少なくとも第1の金属膜よりも厚くする必要があることが分かる。

【0087】上記の結果、本実施の形態4において、第1の金属膜(N型電極)は特に形状を問わず、その膜厚は実施の形態1に準じていればよいことが分かった。また、第2の金属膜の膜厚は、第2の金属膜の膜厚よりも厚い他は、実施の形態1に準じていればよいことが分かった。

【0088】(実施の形態5)図9は、本実施の形態5における半導体レーザ装置の模式図である。本実施の形態5において、GaIn基板上に制作された窒化物系半導体の積層体および第1の金属膜、第2の金属膜、第3の金属膜は実施の形態1~4に示したもののいずれであってもよい。

【0089】この半導体レーザチップ406は、ヒートシンクの変わりにSi基板401上にマウントされており、Si基板401には例えば受光素子402などのデバイスが形成されていてもよい。なお、この図9において、403は電極、404はワイヤーボンド、405はハンダ、407はワイヤーボンドである。

【0090】Si基板側は、半導体レーザチップと接合するため図10のような構造500を取っている。Si基板50には第4の金属膜51が形成され、第4の金属膜51の上面にはバリア層として第5の金属膜52が積層され、さらに、第5の金属膜の上面にはハンダとの密着性を高めるために第6の金属膜53が積層されている。

【0091】上記第4の金属膜は、Si基板と密着性が高く、かつオーミック接合を取る必要がある。また、第5の金属膜は、第6の金属およびハンダが拡散して第4の金属膜の電極特性を劣化させるのを防止するため、高融点の金属を選定する必要がある。このような金属としてはいくつかの材料が知られているが、本実施の形態5においては、第4の金属膜としてPt/Tiを170nm

m積層した。この第4の金属膜を積層した後、適温にて過熱することにより、オーミック電極を得ることができる。このとき、Si基板と第4の金属膜の界面には、金属珪化物であるPtSiが形成されることもある。

【0092】第5の金属膜にはMoを100nm、第6の金属膜にはAuを1μm積層したこの第6の金属膜は、半導体レーザチップとSi基板との強固な接合のため、第3の金属膜と同じ材料を用いている。

【0093】第4の金属膜に用いたPt/Tiの蒸着方法は、実施の形態1におけるGaIn基板上への金属膜の蒸着と同様である。次に、第5および第6の金属膜の蒸着後、実施の形態1と同様にして、半導体レーザチップを上記過程により制作されたSi基板にマウントする。このようにして図9に示した本実施の形態5の半導体レーザ装置が得られた。

【0094】次に、各種金属材料を検討したところ、第4の金属膜としては、Pt、Ti、Mo、W、Cr、Co、Ni、Pd、Hf、AlもしくはTaの単体またはこれらのうち、少なくともいずれか1つを含む混合物であればよく、その厚みは10nm~1μmが好ましいことが分かった。

【0095】第5の金属膜としては、Mo、Cr、W、Ti、Taの単体またはこれらのうち、少なくともいずれか1つを含む混合物であればよい。また、第4の金属膜が単体または多層であったとしても、表面がAlでない場合、第5の金属膜として、Pt、Pdの単体またはMo、W、Cr、Ti、Ta、Pt、Pdのうち、少なくともいずれか1つを含む混合物を用いてもよい。第5の金属膜の厚みは5nm~500nmであれば、良好な結果を示した。

【0096】第6の金属膜は、第3の金属膜と同材質であればよく、Au、Niの単体またはこれらのいずれか1つを含む混合物、あるいはAlの単体等が好ましく、その厚みは50nm~10μmであれば良好な結果を示した。なお、第6の金属膜としてAl単体を用いる場合に限り、第3の金属膜としてもAlの単体を用いる必要がある。第6の金属膜がAl単体でない場合には、実施形態1と同様の材料を用いることができる。

【0097】ここで、第6の金属膜の選定に伴い、以下のような半導体レーザチップの材質の検討を行った。

(第2の金属膜、第3および第6の金属膜、ハンダ)

= (Mo, Au, In)、(Mo, Au, Sn)、(Mo, Au, Zn)、
(Mo, Au, Au)、(Mo, Au, Pb)、(Mo, Au, Ag)、
(Mo, Au, Cd)、(Mo, Au, Bi)、(Mo, Au, Cu)、
(Mo, Au, Ni)、(Mo, Au, Mn)、(W, Au, In)、
(W, Au, Sn)、(W, Au, Zn)、(W, Au, Au)、
(W, Au, Pb)、(W, Au, Ag)、(W, Au, Cd)、
(W, Au, Bi)、(W, Au, Cu)、(W, Au, Ni)、
(W, Au, Mn)、(Mn, Au, In)、(Mn, Au, Sn)、
(Mn, Au, Zn)、(Mn, Au, Au)、(Mn, Au, Pb)、

19

20

(Mn, Au, Ag)、(Mn, Au, Cd)、(Mn, Au, Bi)、
 (Mn, Au, Cu)、(Mn, Au, Ni)、(Mn, Au, Mn)、
 (Cr, Au, In)、(Cr, Au, Sn)、(Cr, Au, Zn)、
 (Cr, Au, Au)、(Cr, Au, Pb)、(Cr, Au, Ag)、
 (Cr, Au, Cd)、(Cr, Au, Bi)、(Cr, Au, Cu)、
 (Cr, Au, Ni)、(Cr, Au, Mn)、(Zr, Au, In)、
 (Zr, Au, Sn)、(Zr, Au, Zn)、(Zr, Au, Au)、
 (Zr, Au, Pb)、(Zr, Au, Ag)、(Zr, Au, Cd)、
 (Zr, Au, Bi)、(Zr, Au, Cu)、(Zr, Au, Ni)、
 (Zr, Au, Mn)、(Ta, Au, In)、(Ta, Au, Sn)、
 (Ta, Au, Zn)、(Ta, Au, Au)、(Ta, Au, Pb)、
 (Ta, Au, Ag)、(Ta, Au, Cd)、(Ta, Au, Bi)、
 (Ta, Au, Cu)、(Ta, Au, Ni)、(Ta, Au, Mn)、
 (Mo, Ni, In)、(Mo, Ni, Sn)、(Mo, Ni, Zn)、
 (Mo, Ni, Au)、(Mo, Ni, Pb)、(Mo, Ni, Ag)、
 (Mo, Ni, Cd)、(Mo, Ni, Bi)、(Mo, Ni, Cu)、
 (Mo, Ni, Ni)、(Mo, Ni, Mn)、(W, Ni, In)、
 (W, Ni, Sn)、(W, Ni, Zn)、(W, Ni, Au)、
 (W, Ni, Pb)、(W, Ni, Ag)、(W, Ni, Cd)、
 (W, Ni, Bi)、(W, Ni, Cu)、(W, Ni, Ni)、
 (W, Ni, Mn)、(Mn, Ni, In)、(Mn, Ni, Sn)、
 (Mn, Ni, Zn)、(Mn, Ni, Au)、(Mn, Ni, Pb)、
 (Mn, Ni, Ag)、(Mn, Ni, Cd)、(Mn, Ni, Bi)、
 (Mn, Ni, Cu)、(Mn, Ni, Ni)、(Mn, Ni, Mn)、
 (Cr, Ni, In)、(Cr, Ni, Sn)、(Cr, Ni, Zn)、
 (Cr, Ni, Au)、(Cr, Ni, Pb)、(Cr, Ni, Ag)、
 (Cr, Ni, Cd)、(Cr, Ni, Bi)、(Cr, Ni, Cu)、
 (Cr, Ni, Ni)、(Cr, Ni, Mn)、(Zr, Ni, In)、
 (Zr, Ni, Sn)、(Zr, Ni, Zn)、(Zr, Ni, Au)、
 (Zr, Ni, Pb)、(Zr, Ni, Ag)、(Zr, Ni, Cd)、
 (Zr, Ni, Bi)、(Zr, Ni, Cu)、(Zr, Ni, Ni)、
 (Zr, Ni, Mn)、(Ta, Ni, In)、(Ta, Ni, Sn)、
 (Ta, Ni, Zn)、(Ta, Ni, Au)、(Ta, Ni, Pb)、
 (Ta, Ni, Ag)、(Ta, Ni, Cd)、(Ta, Ni, Bi)、
 (Ta, Ni, Cu)、(Ta, Ni, Ni)、(Ta, Ni, Mn)、
 (Mo, Al, SnCl₂)、(Mo, Al, ZnCl₂)、
 (W, Al, SnCl₂)、(W, Al, ZnCl₂)、
 (Mn, Al, SnCl₂)、(Mn, Al, ZnCl₂)、
 (Cr, Al, SnCl₂)、(Cr, Al, ZnCl₂)、
 (Zr, Al, SnCl₂)、(Zr, Al, ZnCl₂)、
 (Ta, Al, SnCl₂)、(Ta, Al, ZnCl₂)

なお、第1の金属膜の材料としては、実施の形態1と同様のものを用いた。また、第4の金属膜および第5の金属膜の材料としては上述した材料を用いた。

【0098】その結果、いずれの組み合わせにおいても良好な熱抵抗特性および電気抵抗特性が得られた。なお、上記組み合わせにおいて、ハンダは含まれる主要成分を表している。

【0099】なお、上記実施の形態5において、Si基板は受光素子やピクセルミラーなどのデバイスが形成さ

れていてもよく、プロセスの減少によるコストダウン、コンパクト化による応用商品の多様化などが期待される。

【0100】以上の実施の形態では、本発明の半導体発光装置について、半導体レーザ装置を例に挙げて説明したが、本発明の趣旨から明らかなように、本発明は半導体発光ダイオード装置への適応も可能である。また、GaIn基板上に積層された窒化物系半導体層については、特にその構造および材質は問わず、いずれも本発明を適

用可能である。

【0101】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、第1の金属膜によりGa_{0.5}N基板と良好なオーミックコンタクトを取ることができ、第2の金属膜により第1の金属膜中に第3の金属膜やハンダが拡散して合金を形成するのを防ぐことができ、第3の金属膜により基板にクラックが生じたり、金属膜が剥がれるのを防ぐことができる。よって、熱抵抗および電気抵抗を劣化させずにGa_{0.5}N基板をヒートシンクにマウントした半導体発光装置を提供することができる。さらに、Si_{0.5}基板上に第7の金属膜を設けることにより、熱抵抗および電気抵抗を劣化させずにGa_{0.5}N基板をSi_{0.5}基板にマウントした半導体発光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態1の半導体レーザ装置を示す図である。

【図2】実施の形態1における半導体レーザチップの一部を示す図である。

【図3】第2の金属膜（バリア層）厚xを変えたときの寿命特性を示す図である。

【図4】第2の金属膜（バリア層）厚xを変えたときの発振閾値特性を示す図である。

【図5】実施の形態2の半導体レーザ装置を示す図である。

【図6】実施の形態2における半導体レーザチップの一部を示す図である。

【図7】実施の形態3の半導体レーザ装置を示す図である。

【図8】実施の形態4の半導体レーザ装置を示す図である。

【図9】実施の形態5の半導体レーザ装置を示す図である。

【図10】実施の形態5の半導体レーザ装置におけるSi_{0.5}基板を示す図である。

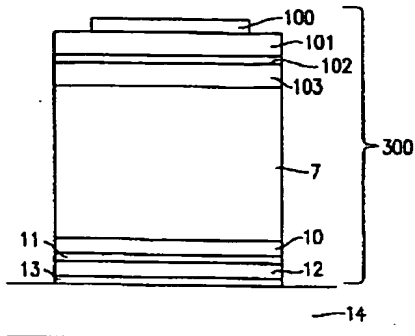
【図11】従来の半導体レーザ装置を示す図である。

【符号の説明】

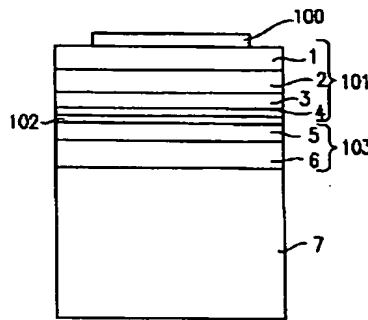
- 1 p-InAlGa_{0.5}Nコンタクト層
- 2 p-InAlGa_{0.5}Nクラッド層
- 3 p-InAlGa_{0.5}Nガイド層
- 4 p-InAlGa_{0.5}Nバリア層
- 5 n-InAlGa_{0.5}Nガイド層
- 6 n-InAlGa_{0.5}Nクラッド層
- 7 Ga_{0.5}N基板
- 10 第1の金属膜
- 11 第2の金属膜
- 12 第3の金属膜
- 13 ハンダ
- 14 ヒートシンク
- 20 第1の金属膜

- 21 第2の金属膜
- 22 第3の金属とハンダとの合金層
- 23 ヒートシンク
- 30 第1の金属膜
- 31 第2の金属膜
- 32 第3の金属膜
- 33 ハンダ
- 40 第1の金属膜
- 41 第2の金属膜
- 42 第3の金属膜
- 43 ハンダ
- 50 Si_{0.5}基板
- 51 第4の金属膜
- 52 第5の金属膜
- 53 第6の金属膜
- 71 酸化物基板
- 72 窒化物系半導体の多層薄膜
- 73 電極
- 74 電極
- 75 ヒートシンク
- 76 ハンダ
- 77 金属膜
- 100 P型電極
- 101 窒化物系半導体の積層体
- 102 窒化物系半導体の積層体（InAlGa_{0.5}N多重量子井戸活性層）
- 103 窒化物系半導体の積層体
- 200 P型電極
- 201 窒化物系半導体の積層体
- 202 窒化物系半導体の積層体（InGa_{0.5}NAsP多重量子井戸活性層）
- 203 窒化物系半導体の積層体
- 204 p-InAlGa_{0.5}Nコンタクト層
- 205 p-InAlGa_{0.5}Nクラッド層
- 206 p-InAlGa_{0.5}Nガイド層
- 207 p-InAlGa_{0.5}Nバリア層
- 208 n-InAlGa_{0.5}Nガイド層
- 209 n-InAlGa_{0.5}Nクラッド層
- 300 半導体レーザチップ
- 301 半導体レーザチップ
- 302 半導体レーザチップ
- 303 半導体レーザチップ
- 401 Si_{0.5}基板
- 402 受光素子等のデバイス
- 403 電極
- 404 ワイヤーボンド
- 405 ハンダ
- 406 半導体レーザチップ
- 407 ワイヤーボンド

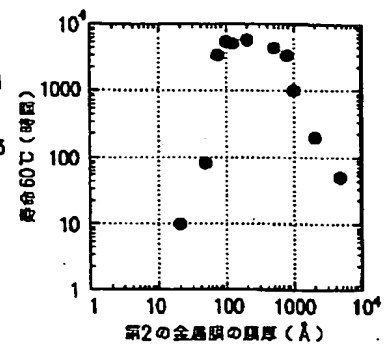
【図1】



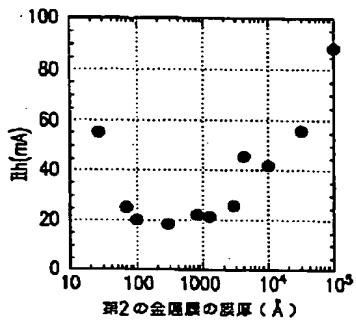
【図2】



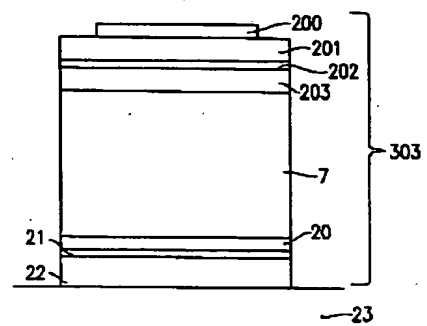
【図3】



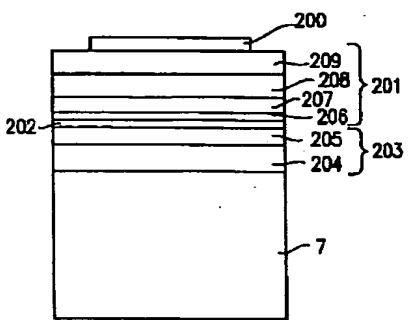
【図4】



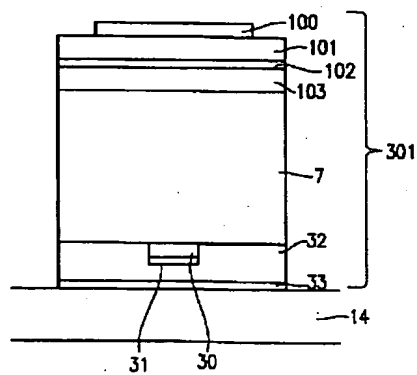
【図5】



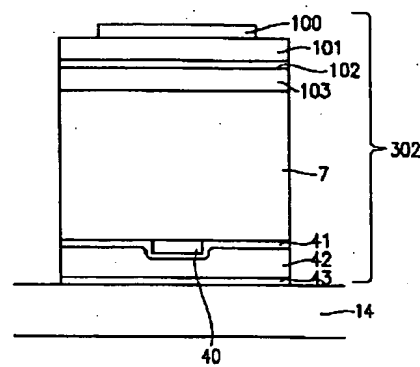
【図6】



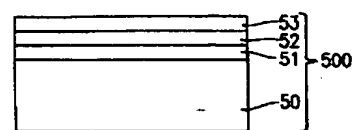
【図7】



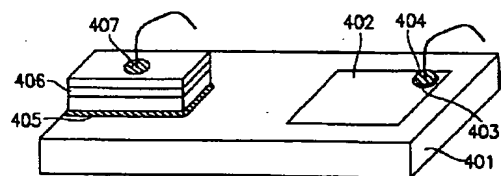
【図8】



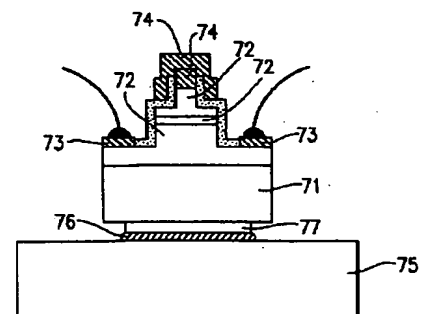
【図10】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F041 CA04 CA05 CA34 CA40 CA82
CA85 CA86 CA87 CA92 CA98
DA32
5F073 AA61 AA74 CA17 CB02 CB23
DA30 DA34 EA28 FA14 FA22